

Рис. 4. Интерфейс системы “БТР – ДИНАМИКА”, конечно-элементная модель и распределение перемещений точек корпуса

6. Решения тестовых задач. На рис. 4 приведен интерфейс системы “БТР – ДИНАМИКА”. Реализованная система позволяет на основе ограниченного количества информации получать:

- на первом этапе – характеристики динамического воздействия от подвески на корпус;
- на втором этапе – оценивать напряженно-деформированного состояния корпуса;
- в последующем – проводить параметрический анализ и синтез конструкции.

Таким образом, покрывается весь цикл задач, возникающих в процессе модернизации корпусов легкобронированных машин.

7. Заключение. Предложенный в статье подход, реализованный в виде специализированной интегрированной САПР, продемонстрировал его работоспособность, показал высокую эффективность и оперативность при решении задач анализа напряженно-деформированного состояния корпусов БТР-80 в процессе модернизации. В дальнейшем требуется проведение многовариантных исследований с варьированием режимов движения, параметров препятствий и формирование на этой основе соответствующей базы данных.

Список литературы: 1. *Ткачук Н.А.* Интенсивная схема экспериментальных исследований элементов технологических систем // Сб. научн. тр. “Динамика и прочность машин”. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – вып.56.– С.175-181. 2. *Ткачук Н.А., Бруль С.Т., Малакей А.Н., Гриценко Г.Д., Орлов Е.А.* Структура специализированных интегрированных систем автоматизированного анализа и синтеза элементов транспортных средств специального назначения // Механіка та машинобудування. – 2005. – № 1.– С.184-194.

Поступила в редколлегию 02.12.2005

УДК 515.2

В.Є.МИХАЙЛЕНКО, докт.техн.наук, проф., **Т.О.БОРЦОВА**,
Київський національний університет будівництва та архітектури

ДО ПИТАННЯ ПРО МОЖЛИВІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ

В статті запропоновано підхід до автоматизації процесу проектування роботів-маніпуляторів. Аргументується необхідність використання сучасних САПР для автоматизації процесу. Наведено класифікацію роботів-маніпуляторів, яку виконано з точки зору зручності автоматизації процесу проектування роботів.

The approach to robots and manipulators designing process automation is offered. The reason of use modern CAD/CAE/CAM software necessity for process automation is given. The robots classification executed from the view point of robots designing process automation is given.

Вступ. Розповсюдженість роботів та маніпуляторів постійно зростає. Їх різноманіття міцно увійшло в наше життя настільки, що усвідомлюєш - майже не залишилося таких сфер сучасного життя, де б вони зовсім не зустрічалися. Роботи та маніпулятори використовуються на основних та допоміжних операціях виробництва, транспортних операціях, у медицині, військовій справі, наукових дослідженнях, у побуті, на стику декількох напрямів. На даний момент вже існує дуже велика кількість схем та модифікацій роботів. Це пов'язано з необхідністю вирішення різноманітних задач у різних умовах. Деякі моделі роботів зображено на рис. 1. Це і іграшкове цуценя Aibo, виготовлене корпорацією Sony (рис. 1,а), і військовий робот розвідник TALON (США), що може знешкоджувати бомби (рис. 1,б). Розміри робота бувають дуже маленькими, що добре видно на прикладі мікроробота – дослідника (Sandia) (рис. 1,г), габаріти якого не перевищують 20 мм. Роботи можуть працювати у ворожому середовищі, як наприклад Attila (Motor Lab) (рис. 1,д). Також отримало поширення екзопротезування (рис. 1,в).



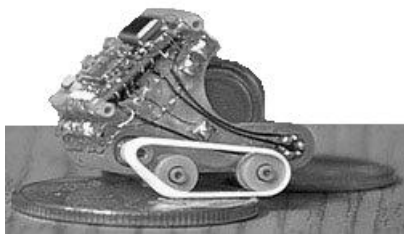
а



б



в



г

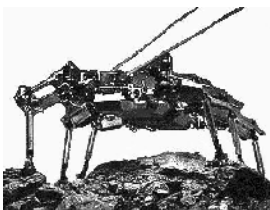


Рис. 1. Моделі роботів

Д

Перші моделі роботів виконувались традиційним способом – за розрахунками, що провадив безпосередньо виконавець, креслення креслярськими приладами на кульмані. Але в останні роки темп розвитку виробничих технологій зріс настільки, що проектування традиційними методами стає не тільки недоцільним, але й просто неможливим через свою конкурентну неспроможність. Тому на сьогочасному етапі на перший план виходить використання новітніх технологій та обладнання. Сучасні засоби автоматизованого проектування надають розробнику потужний інструмент для створення нових моделей механізмів, причому цей інструмент з кожним роком вдосконалюється.

Розвиток засобів автоматизації проектування призвів до появи так званих імітаційних технологій, що дозволяють моделювати геометричні та механічні властивості системи, вчасно помічати помилки в конструкції, досліджувати роботу механізму в реальних фізичних умовах, у реальному часі, обирати тип обробки деталей, їх складання, спостерегати за цим процесом – і все це у віртуальному просторі. Найкращим інструментом для цього є комп'ютер з встановленим на ньому програмним забезпеченням. Віртуальне виробництво – це інтегроване синтетичне виробниче середовище, яке використовується для розширення всіх рівнів прийняття рішень та керування, і може бути класифіковане як проектно-орієнтоване, виробничо-орієнтоване та керувально-орієнтоване. Приклади застосування імітаційних технологій розглянуто в [1].

Роботи-маніпулятори включають в себе багато різноманітних деталей, вони функціонують із застосуванням досить складних механізмів. Але більшість з них схожі за формою, та мають різні розміри. Створення кожної такої деталі окремо – процес трудомісткий та довгий, та в цьому випадку на допомогу приходить здатність САПР використовувати параметризовані моделі [1]. Параметризувати можна як окремі деталі, так і структуру механізму. Причому параметризація може бути як кількісною, так і якісною. Тобто змінювати можна не тільки числові значення параметрів, але й наявність самого параметра. Така можливість значно прискорює створення нових моделей роботів на базі вже існуючих складових.

Постановка завдання. Методи проектування моделей механізмів будь-якої складності вже досить докладно відпрацьовані. Існує велика кількість програмного забезпечення САПР різного рівня, які, залежно від закладених в

них можливостей, дозволяють створювати геометричні моделі та фізичні моделі будь-яких об'єктів. Але це програми універсальні і не орієнтовані на дослідження та проектування саме роботів чи маніпуляторів.

Метою даного дослідження є розробка концепції та методики, за допомогою яких можна автоматизувати процес дослідження та проектування роботів-маніпуляторів, а також створення узагальненої моделі робота та його середовища, що відповідають розробленій концепції.

Аналіз останніх досліджень. В багатьох наукових працях та підручниках, наприклад, [2] та [3], розглянуто розв'язання задач аналізу та синтезу механізмів у традиційному вигляді. Питання проектування та дослідження роботів-маніпуляторів також освітлювалися багатьма авторами ([4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]). У працях [11] та [12] розглянуто підхід до автоматизації дослідження складних і надскладних механічних систем. Але концепція та методика автоматизації процесу проектування не механізму взагалі, а саме роботів, досі не розроблені.

Опис запропонованого підходу. Автоматизація процесу проектування та дослідження роботів дозволить розв'язувати такі задачі, як кінематика, динаміка, прикладна геометрія тощо. Для того, щоб автоматизувати процес, можна, як було сказано вище, використати один з багатьох програмних пакетів САПР, що дозволить створити геометричні моделі механізмів в параметричному вигляді, а також розрахувати їх кінематичні та динамічні характеристики. Але ці програмні пакети орієнтовані на механізми в цілому, а не конкретно на маніпулятори. Створення власної програми, яка б дозволяла автоматизувати побудову параметричної моделі маніпулятора або адаптувати для цього існуючі програми, дозволить значно прискорити роботу конструктора та зменшить затрати на проектування.

На жаль, для створення нової програми з нуля необхідно витратити дуже багато часу та коштів. Тому найпростішим варіантом на цей час приймається написання керуючої програми. Вона стане “перекладачем” між користувачем та програмою. Користувач оперує поняттями, які є звичними в робототехніці, а програма-перекладач створює програму, для моделювання на внутрішній мові використовуваної САПР.

Структура програми повинна бути модульною. В ній має існувати модуль, який відповідає за створення кінематичної моделі маніпулятора на основі розроблених узагальнених параметричних моделей ланок та відомих типів маніпуляторів. Незважаючи на те, що кількість типів ланок та маніпуляторів є дуже великою, це уявляється можливим через те, що їх кількість хоч і велика, але скінченна, а також тому, що складні моделі можна утворювати комбінацією простіших.

Другий модуль програми має містити в собі моделі силових приводів та елементи керування цими приводами. Таким чином ми отримуємо модель для дослідження динаміки руху. Додавши до цієї моделі зовнішнє середовище (статичне або динамічне), за створення якого відповідає третій модуль програми, ми отримаємо повний геометричний, математичний та фізичний

опис робота в його робочому просторі. На основі такої моделі можна задати та відстежити переміщення робота в просторі, і, що найважливіше, оптимізувати траєкторію переміщення.

Важливим є те, що кожний з модулів повинен бути універсальним та мати конкретні вхідні та вихідні параметри, від яких залежить робота лише цього модуля. Тобто геометричні розміри робота – це вхідні данні для першого модуля, вони не є параметрами для другого і третього. Так само рухомість елементів середовища є вхідними лише для третього модуля. Якщо потрібно розглянути спільну поведінку декількох роботів, зовсім не обов'язково створювати одну модель, що містить в собі усіх роботів та усі елементи навколишнього середовища. Можна постійно працювати з одним тим самим модулем, що відповідає лише за одного робота, при цьому потрібно лише описати вхідні параметри для кожного з роботів та для його робочого середовища.

Для розробки першого модуля програми, який відповідає за створення кінематичної структури маніпулятора, необхідно дуже докладно розробити класифікацію маніпуляторів саме з точки зору цієї структури. В класичних працях з робототехніки класифікація роботів ведеться за багатьма ознаками, при цьому кінематична структура як така є хоча й одною з головних ознак, але не головною. Приклади такої традиційної класифікації наведено нижче (рис. 2, 3). З останнього рисунку добре видно, що до геометрії маніпулятора мають відношення тільки перші три пункти, і в деякій мірі – четвертий. Більшість літературних джерел (наприклад, [5] – [10]) пропонують саме такий погляд на проблему, не надаючи при цьому більш докладної класифікації маніпуляторів за геометричними властивостями структури. Детальне ознайомлення з розробками за цією темою призвело до висновку про необхідність створення детальної класифікації маніпуляторів за їх кінематичною структурою, враховуючи вплив на структуру тих умов, в яких працюють маніпулятори. Інша загальноприйнята класифікація наведена на рис. 3.



Рис. 2. Класифікація роботів та маніпуляторів за призначенням

Можливий варіант класифікації роботів-маніпуляторів з точки зору кінематичної структури наведено на рис. 4.

Геометрія моделі залежить також від умов роботи (чинники, які впливають на конструкцію, показані на рис. 5).

Розробка другого модуля програми, який дозволяє проектувати двигун на основі параметричної моделі, теж потребує створення класифікації маніпуляторів, тепер вже за типом силового привода, який в них застосовується. В цьому модулі, окрім характеристик певного типу двигуна, має бути чітко задані умови використання такого двигуна, тобто обмеження, які не дозволять розробнику запропонувати для використання двигун, що не зможе забезпечити нормальну роботу маніпулятора при заданих режимах навантаження та в заданих умовах роботи.

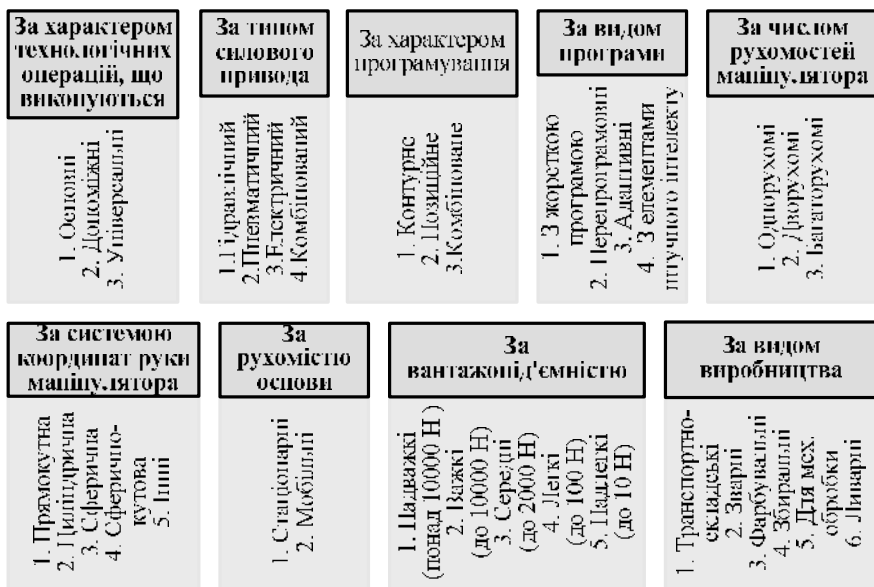


Рис. 3. Класифікація роботів та маніпуляторів за характеристиками



Рис. 4. Класифікація роботів-маніпуляторів за кінематичною структурою

Третій модуль, який дає можливість розробляти зовнішнє середовище, в свою чергу, вимагає класифікації, але тепер вже не за маніпуляторами, а за об'єктами, що складають їх робоче середовище. Параметрична модель, яка створюється для цього середовища, може бути статичною чи динамічною – другий варіант більш точно відображає реальний стан речей. В зовнішнє середовище мають бути також включені й об'єкти, з якими працює маніпулятор.

Задання й відстеження рухів маніпулятора та їх оптимізація виконують-

ся на основі відомих теоретичних розробок, які докладно розглянуті в роботах [1] – [10].



Рис. 5. Чинники зовнішнього робочого середовища робота, що впливають на його конструкцію

Висновки та перспективи. Подальша робота в напрямку автоматизації процесу проектування роботів-маніпуляторів дозволить конкретизувати методику і створити експертну систему. При цьому модулі, які описані вище, є надбудовами одного над іншим, і є ще один, який розподіляє задані користувачем параметри робота по тих модулях, які відповідають саме за розрахунок того чи іншого параметра.

Перевагами такої системи є те, що користувачеві не обов'язково повністю розуміти суть процесу та добре знатися на кінематиці та динаміці робота. Йому досить ввести початкові дані, тобто основні параметри робота, і на виході отримати результати – кінематичну структуру робота та динаміку його роботи. Причому результати можуть бути виведені як в числовому форматі, так і у вигляді анімаційного ролика.

Список литературы: 1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с. 2. Артоболевский И.И. Теория механизмов для воспроизведения плоских кривых. – М.: АН СССР, 1959. – 256 с. 3. Коренев Г.В. Целенаправленная механика управляемых манипуляторов. – М.: Наука, 1979. – 447 с. 4. Шахинтур М. Курс робототехники. – М.: Мир, 1990. – 527с. 5. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора. – М., 1976. – 104 с. 6. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов: Учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. “Робототехнические системы” / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с. 7. Чупин Ю.Н., Иванов В.А., Онищенко М.В. Структура и геометрия механизмов и манипуляторов (задачи и примеры). – М.: Высш.шк., 1979. – 215 с. 8. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. – М.: Мир, 1989. – 624 с. 9. Промышленные роботы: Конструирование и применение / Г.А.Спыну; Под ред. докт. техн. наук В.И.Костюка. – К.: Вища школа, Головное изд-во, 1985. – 176 с. 10. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др. / Под ред. Б.Б.Самотокина. – К., Вища школа, 1990. – 343 с. 11. Гриценко Г.Д., Малакей А.Н., Миргородский Ю.Я., Ткачук А.В., Ткачук Н.А. Интегрированные методы исследования прочностных, жесткостных и динамических характеристик элементов сложных механических систем // Механіка та машинобудування. – 2002. – №1. – С.6-13. 12. Ткачук Н.А., Гриценко Г.Д., Глуценко Э.В., Ткачук А.В. Программно-аппаратный комплекс для анализа и синтеза моделей элементов сложных механических систем // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Тематичний

Поступила в редколлегию 12.11.2005

УДК 539.3

Е.В. ПЕЛЕШКО, НТУ «ХПИ»

ОБОБЩЕННО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ КОРПУСОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Запропонована схема спеціалізованої інтегрованої системи аналізу і синтезу корпусів за критеріями міцності та жорсткості. Побудована параметрична модель корпусу бойової машини піхоти БМП-3. Розв'язана задача напружено-деформованого стану корпусу при варіюванні деяких параметрів.

The scheme of the specialized integrated system of analysis and synthesis of hulls by criteria of strength and rigidity is offered. The parametrical model of hull of infantry military vehicle BMP-3 is built. The task of stressed-deformed state of hull is solved when some parameters are varying.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. В условиях современных мировых тенденций в развитии военной техники, в частности легкобронных машин (ЛБМ) наряду с разработкой новых моделей остро стоит вопрос о модернизации уже существующей техники. На сегодняшний день в странах Восточной Европы и Азии на вооружении стоит большое количество техники отечественного производства. Большинство изделий уже не отвечает требованиям по вооружению и бронестойкости.

Наиболее распространенным способом модернизации является установка новых модулей вооружения, что в свою очередь требует увеличения жесткости корпуса ЛБМ. При модернизации транспортных средств специального назначения очень часто возникает необходимость решать множество однотипных задач с небольшими или существенными изменениями исходных данных. При этом возникает необходимость создания собственной надстройки. Ранее разработаны некоторые подходы к исследованию напряженно-деформированного состояния (НДС), параметрическому анализу и синтезу корпусов по критериям жесткости и прочности [1-5]. В работе [6] было предложено применение наряду с универсальными проектно-расчетными программными пакетами также специализированных расчетных модулей для анализа напряженно-деформированного состояния корпуса транспортного средства специального назначения при воздействии различных нагрузок. Специализированные модули позволяют учитывать особенности задачи, такие как действующие на конструкцию нагрузки, граничные условия и другие.